

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07321742 A**(43) Date of publication of application: **08.12.95**

(51) Int. Cl.

H04B 10/17**H04B 10/16****G02B 6/122****G02F 1/35****H04B 10/02****H04B 10/18**(21) Application number: **06111287**(22) Date of filing: **25.05.94**

(71) Applicant:

**NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>**

(72) Inventor:

**TAKAHASHI HIROSHI
INOUE YASUSHI****(54) OPTICAL PULSE WAVEFORM SHAPING DEVICE**

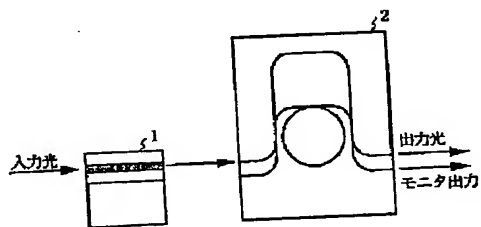
rectangular output waveform taking a binary value is obtained with respect to a distorted input waveform.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

PURPOSE: To obtain an optical pulse wavelength shaping device with high stability, high extinct ratio and high noise eliminating effect by combining the oscillation frequency change of a semiconductor laser and the frequency characteristic of the transmittivity of an optical filter.

CONSTITUTION: When an optical signal subjected to intensity modulation is received by an oscillating semiconductor laser 1, the carrier density in the laser is slightly changed and the oscillated optical frequency changes depending on the intensity of the input optical signal. The output light is led to an optical filter 2 having a frequency characteristic where it is changed rapidly at a border frequency of the transmittivity of 0.5 and takes only a binary value of 0 or 1. When the input light intensity is small and the laser frequency change caused thereby does not exceed a threshold frequency, the output light intensity of the optical filter 2 is zero, that is, in the off-state. Furthermore, when the input light intensity is larger than some degree, the output luminous intensity takes a prescribed value, that is, reaches on-state. Thus, a



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7-321742

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int. Cl. 6

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 B 10/17

10/16

G 0 2 B 6/122

H 0 4 B 9/00

J

G 0 2 B 6/12

C

(全 7 頁) 最終頁に続く

審査請求 未請求 請求項の数 9

O L

(21) 出願番号 特願平6-111287

(22) 出願日 平成6年(1994)5月25日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 ▲高▼橋 浩

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日本

電信電話株式会社内

(72) 発明者 井上 恭

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日本

電信電話株式会社内

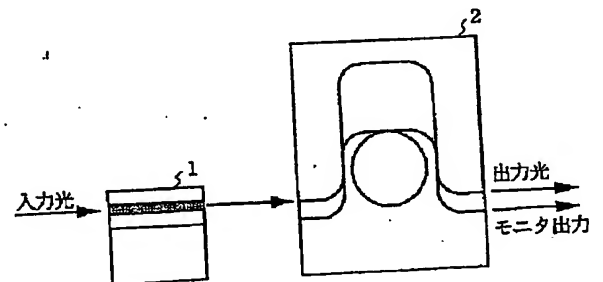
(74) 代理人 弁理士 井出 直孝 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光パルス波形整形装置

(57) 【要約】

【目的】 安定性があり、消光比が高く、雑音除去効果の高い光パルス波形整形装置を提供する。

【構成】 注入された入力光の強度により出力発振周波数が変化する半導体レーザ 1 と、この出力発振周波数に対して実質的に二つの透過率のいずれか一方を示す光フィルタ 2 とを用い、入力光強度が小さいときの半導体レーザ 1 の出力周波数に対して光フィルタ 2 が阻止状態、入力光強度がある程度大きく半導体レーザ 1 の出力周波数が変化したときに光フィルタ 2 が透過状態となるようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 強度変調された入力光信号に対して波形整形された出力光を生成する光パルス波形整形装置において、

前記入力光信号が注入されその光強度により出力発振周波数に変化する半導体レーザと、

この半導体レーザの出力光が導入されその光周波数に対して実質的に二つの透過率のいずれか一方を示す光フィルタとを備えたことを特徴とする光パルス波形整形装置。

【請求項2】 前記光フィルタは、互いに光路長の異なる二つの光導波路の一方にリング共振器が設けられ、入力光を分岐して前記二つの光導波路に伝搬させた後に合波するリング共振器付マッハツェンダ干渉計を含む請求項1記載の光パルス波形整形装置。

【請求項3】 前記半導体レーザの出力端とは反対側の端面に前記入力光信号を注入する手段を備えた請求項1または2記載の光パルス波形整形装置。

【請求項4】 前記半導体レーザと前記光フィルタとの間に、前記半導体レーザの出力光からその半導体レーザを通過した前記入力光信号を除去する光信号除去フィルタを備えた請求項3記載の光パルス波形整形装置。

【請求項5】 前記半導体レーザの出力端にその出力光とは逆方向に前記入力光信号を注入する光学手段を備えた請求項1または2記載の光パルス波形整形装置。

【請求項6】 前記光学手段は、前記入力光信号の周波数と前記半導体レーザの出力発振周波数との一方を反射し他方を透過する波長選択性の反射器を含む請求項5記載の光パルス波形整形装置。

【請求項7】 前記光学手段は光サーキュレータを含む請求項5記載の光パルス波形整形装置。

【請求項8】 前記光学手段はマッハツェンダ干渉計を含む請求項5記載の光パルス波形整形装置。

【請求項9】 前記入力光信号を前記リング共振器付マッハツェンダ干渉計の未使用の出力ポートから導入する手段を含む請求項2記載の光パルス波形整形装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は強度変調方式の光ファイバ通信に利用する。特に、光ファイバ伝搬中に歪んだ光パルスの波形整形に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバ通信においては、伝送路である光ファイバの分散や光ファイバ中で生じる種々の非線形現象によりパルスの波形が徐々に崩れることが知られており、これが伝送距離を制限する要因となっている。そのため長距離の伝送を行う場合には、ある間隔ごとにパルスの波形を整形することが必要となる。

【0003】 パルスの波形を整形する技術として現在までに確立されているものとしては、OE/EO変換方式

がある。この方式では、光パルスをフォトダイオードで電氣的に変換してパルスのオン、オフを読み取り、その結果にしたがってレーザを駆動することにより、波形の整った光パルスを新たに送信する。しかし、この方式では、特定の伝送速度に適合する電気回路を用いる必要があり、伝送速度の異なる信号に対しては動作しない、高速で動作するフォトダイオードと電気回路が必要で装置が大がかりになるといった欠点がある。

【0004】 こうしたことから、電気への変換なしに光パルス波形を整形する技術が望まれている。そのような技術の代表的なものとして、“Optical input and output characteristics for bistable semiconductor lasers”, Applied Physics Letters, vol. 41, p. 702, 1982には、不均一励起半導体レーザの微分利得特性を用いたものが提案されている。図11ないし図13はこれを説明する図であり、図11はレーザの構造、図12は注入電流と光出力強度との関係（IL特性）を示すグラフ、図13は入力光と出力光との強度の関係を示すグラフである。このレーザ110は、活性層111に対して島状の複数の電流注入領域112を備え、この電流注入領域112の間の部分に対応する活性層111の部分が過飽和吸収領域となっている。この構造によりこのレーザ110のIL特性は、図12に示すように、ある電流値において急峻な立ち上がりをもつようになる。この立ち上がり開始の点を動作点とし、この点に注入電流量を固定してレーザ110の端面から光を入力すると、過飽和吸収領域の吸収係数が減少し、レーザ発振が始まって出力光強度が急激に増加する。すなわち、図13に示す特性を示す。このため、出力光は入力光に比例せず、しきい値をもつ特性となる。したがって、波形が歪んだ入力に対してもほぼ矩形の出力パルスが得られ、波形整形装置として動作する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述した技術には以下の問題点がある。第一に、動作点が急峻な特性曲線の立ち上がり付近にあるため、レーザ温度の変動や経時変化などにより特性曲線がわずかでずれると、動作点が外れてしまう。すなわち、動作の安定性に欠ける。第二に、パルスがオフのときでも定常的に光出力があり、消光比が高くない。第三に、しきい値を越えた入力に対して出力が一定ではないので、パルスがオンのときの雑音を除去することができない。

【0006】 ここで説明した第二および第三の問題点は、図13に示した特性が波形整形に必要なオン・オフ特性、すなわちしきい値以下の入力では出力が「0」、それ以上では「1」とはなっていないことに起因する。このため、上述した技術では、実用に適した光パルス波形整形装置を実現することはできない。

【0007】 本発明は、このような課題を解決し、安定性があり、消光比が高く、雑音除去効果の高い光パルス

波形整形装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の光パルス波形整形装置は、強度変調された入力光信号が注入されその光強度により出力発振周波数に変化する半導体レーザと、この半導体レーザの出力光が導入されその光周波数に対して実質的に二つの透過率のいずれか一方を示す光フィルタとを備えたことを特徴とする。

【0009】光フィルタとしては、互いに光路長の異なる二つの光導波路の一方にリング共振器が設けられ、入力光を分岐して二つの光導波路に伝搬させた後に合波するリング共振器付マッハツェンダ干渉計を用いることができる。

【0010】半導体レーザへの入力光信号の注入は、その半導体レーザの出力端とは反対側の端面から行ってもよく、出力端から逆方向に行ってもよい。反対側の端面から行う場合には、半導体レーザと前記光フィルタとの間に、半導体レーザの出力光からその半導体レーザを通過した入力光信号を除去する光信号除去フィルタを備えることがよい。

【0011】半導体レーザへの光信号の導入を出力端から逆方向に行うには、波長選択性の反射器、光サーキュレータ、マッハツェンダ干渉計などを用いる。また、リング共振器付マッハツェンダ干渉計を用いる場合には、その未使用の出力ポートから導入してもよい。

【0012】

【作用】発振している半導体レーザに強度変調された光信号を入力すると、レーザ内のキャリア密度がわずかに変化し、入力光信号の強度に応じて発振光周波数に変化する。このときの出力光を、透過率が0.5となる周波数を境に急激に変化して「0」あるいは「1」の2値しかとらないような周波数特性を示す光フィルタに導く。このとき、入力光強度が小さく、それによって生じるレーザ周波数変化がしきい周波数を越えない場合には、光フィルタの出力光強度は「0」すなわちオフ状態となる。また、入力光強度がある程度大きく、レーザ周波数変化がしきい値を越える場合には、出力光強度がある一定の値をとる状態、すなわちオン状態となる。したがって、入力光信号の波形が歪んでいても、出力光の波形はオンとオフの二つの状態しか取りえず、矩形の光パルスを得ることができる。すなわち、理想的な光パルス波形装置が実現される。

【0013】上述した周波数特性を示す光フィルタとしては、例えばリング共振器付マッハツェンダ干渉計（以下「RMZ」という）が知られている。RMZについては、オダ他、"A Wide-Band Guided-Wave Periodic Multi/Demultiplexer with a Ring Resonator for Optical FDM Transmission Systems", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 6, NO. 6, JUNE 1988 に詳しく説明されている。

【0014】RMZは基板上に集積された光導波路で構成されているため、その周波数特性は極めて安定している。このため、従来技術で生じていた動作点を外れるという問題はない。また、整形後のパルスの消光比はRMZの消光比により決まり、極めて高い。さらに、入力光信号は半導体レーザの発振周波数を変化させるが、強度にはほとんど影響しない。このため、パルスがオンのときの出力光強度は一定であり、雑音を除去することができる。

10 【0015】このように本発明は、従来の技術では半導体レーザ出力の微分利得特性で実現していたオン・オフ動作を光導波路で構成された安定かつ理想的なRMZで実現することにより、従来の技術で問題となっていた点を解決し、高性能な光パルス波形整形装置を実現することが可能である。

【0016】

【実施例】図1は本発明第一実施例の光パルス波形整形装置を示すブロック構成図である。この実施例は基本的な構成を示し、強度変調された入力光信号が注入されその光強度により出力発振周波数に変化する半導体レーザ
20 1と、この半導体レーザ1の出力光が導入されその光周波数に対して実質的に二つの透過率のいずれか一方を示すRMZ 2とを備える。

【0017】半導体レーザ1は単一モード発振することが必要であり、分布帰還(DFB)型あるいは分布ブラッグ反射(DBR)型であることが望ましい。また、お互いを区別するため、入力光信号の光周波数と半導体レーザ1の出力発振周波数とは異なっていることが望ましい。半導体レーザ1からの出力光は、RMZ 2のひとつ
30 の入力導波路に導かれる。RMZ 2の透過率の周波数特性は、半導体レーザ1への入力光強度が「0」のときのレーザ発振周波数に大して透過率が「0」となるように設定される。

【0018】図2は半導体レーザ1の発振周波数変化を示し、図3はRMZ 2の透過率の周波数特性とそれに対応する入力光パルスおよび出力光パルスのそれぞれの波形の時間変化を示す。これらの図を参照して、波形が歪んだ光パルスが入力された場合の波形整形動作を光の進行にしたがって説明する。半導体レーザ1に光が入力され
40 ると、その発振周波数に変化する。これは、入力光により活性層内のキャリア密度が変化するためである。周波数変化量と入力光の強度とは図2に示すように比例関係にある。また、半導体レーザ1の出力強度はほぼ一定である。したがって、RMZ 2を通過した後の光強度は周波数変化量によって決められる。RMZ 2のしきい周波数に相当する周波数変化をもたらす入力光強度をしきい入力光強度とすると、しきい入力光強度に満たない入力に対しては、RMZ 2通過後の出力が「0」すなわち
50 オフ状態となる。一方、しきい入力光強度を越える入力に対してはRMZ 2の透過率が「1」なので、出力は半

導体レーザ 1 の出力光強度そのものが得られ、オン状態となる。すなわち、歪んだ入力波形に対して出力はオフとオンの 2 値しかとらない矩形の出力波形が得られ、光パルス波形整形装置として動作する。

【0019】また、オンとオフとが反転してはいるが、RMZ 2 のもうひとつの出力導波路からも波形整形されたパルスが得られる。これを例えばデューティ比の調整に利用することができる。図 4 ないし図 6 はその調整方法を説明する図であり、半導体レーザの発振周波数と RMZ のしきい周波数との相対的な位置関係とパルスの形状を示す。図 4 と図 6 は最適条件からずれた場合、図 5 はデューティ比が 50 % の理想的な NRZ パルス列が得られている場合である。モニタ出力を適当な素子で受光してデューティ比を測定し、その結果に基づいて、半導体レーザ 1 の温度と駆動電流、および RMZ 2 の温度を調整して、半導体レーザ 1 の平均発振周波数と RMZ 2 のしきい周波数を一致させればよい。

【0020】さらには、この調整機能を積極的に活用して、パルス幅を故意に操作することもできる。これは、TDMA (時分割多重) 伝送方式において、異なるパルス列を合波する際のパルス幅圧縮装置として用いることができる。

【0021】以上では基本的な実施例について説明したが、本発明を実施するにあたっては、入力光および出力光の結合方法によりいくつかの態様が考えられる。これらの実施例について以下に説明する。

【0022】図 7 は本発明第二実施例の光パルス波形整形装置を示すブロック構成図である。この実施例では、光ファイバ 3 からの入力光信号をレンズ 4 により半導体レーザ 1 に入射する。半導体レーザ 1 の出力光は、レンズ 5 および 7 を介して RMZ 2 に導かれる。このとき、半導体レーザ 1 の出力光には、その半導体レーザ 1 を素通りした入力光信号が混入している。そこで本実施例では、入力光信号の光周波数と半導体レーザ 1 の発振光周波数とを 1.25 GHz (波長にして 1 nm) 以上離して設定し、両者を干渉膜光フィルタ 6 により分離する。RMZ 2 の出力に得られる波形成形された光パルスについては、RMZ 2 の出力に接続された光ファイバ 8 により取り出す。入力光信号の光周波数と半導体レーザ 1 の発振光周波数との差は、フィルタで分離できる限界 (1 nm 程度) から、半導体レーザ 1 の活性層物質の吸収帯幅 (100 nm 程度) の範囲内であれば、どのような値でもよい。

【0023】なお、一般的な半導体レーザの発振光周波数の変化量は、入力光強度 10 mW につき 20 GHz 程度である。そこで、RMZ 2 の透過光周波数周期を 40 GHz とし、導波路として石英系導波路を用いるものとする。RMZ 2 を構成するマッハツェンダ干渉計の光路長差を 5.169 mm、リング共振器の 1 周長を 10.3377 mm とすればよい。導波路として石英系導

波路を用いるのは、伝送損失が小さいこと、および光ファイバとの結合効率が高いことから挿入損失が小さいからである。

【0024】ここでは半導体レーザ 1 の出力端とは反対側の端面に入力光信号を注入する構成を説明したが、干渉膜光フィルタ 6 が入力光信号を反射し半導体レーザ 1 の出力光を透過することを利用して、逆方向に光信号を入力することもできる。その場合にはレンズ 4 が不要になり、製造が簡略化される。

10 【0025】図 8 は本発明第三実施例の光パルス波形整形装置を示すブロック構成図である。この実施例では、半導体レーザ 1 への入力光信号の注入とその出力光とを光サーキュレータ 9 で合波、分離する。これにより、半導体レーザ 1 と結合するレンズが 1 つで済む。高価な光サーキュレータの代わりにハーフミラーを用いることも可能であるが、その場合には光損失が増加し、特性が劣化してしまう。

20 【0026】図 9 は本発明第四実施例の光パルス波形整形装置を示すブロック構成図である。この実施例では、RMZ 2 のもう一つの導波路に入力用の光ファイバ 3 を接続する。この場合には、RMZ 2 の光ファイバ 3 が接続されたポートと半導体レーザ 1 に結合されたポートとの間の透過率が「1」である周波数に入力光信号の周波数を合わせなければならないという制約があるが、部品数を削減することができる。

30 【0027】図 10 は本発明第五実施例の光パルス波形整形装置を示すブロック構成図である。この実施例では、半導体レーザ 1 への入力光信号の注入とその出力光との合波、分離を行う導波路型マッハツェンダ干渉計 10 を RMZ 2 と同一基板上に設けることにより、第四実施例で生じた入力光周波数の制約を改善したものである。当然のことながら、マッハツェンダ干渉計 10 の光路長差は入力光信号と半導体レーザ 1 の出力光との二つの周波数の光を合分波するように設計される。

40 【0028】以上の説明では、RMZ を石英系導波路で形成する場合を説明したが、ニオブ酸リチウム導波路、ポリイミド導波路、半導体導波路その他の光導波路を用いても同様に本発明を実施できる。特に、半導体レーザ 1 と同種類の導波路であれば、第四実施例および第五実施例で必要であったレンズ 5 を省略し、半導体レーザ 1 と RMZ 2 とを同一基板上に集積化できる可能性がある。

50 【0029】以上の説明では RMZ を用いた実施例について説明したが、入力光周波数に対して実質的に二つの透過率のいずれか一方を示す光フィルタとしては、4 つの導波路型マッハツェンダ干渉計を縦続接続したものが知られている。これについては、1992 年電子情報通信学会秋季大会講演番号 C242 に詳しい。このような光フィルタでも、透過率が「0」と「1」付近で平坦化され、RMZ と類似した透過率特性が得られる。本発明

は、このような光フィルタを用いても同様に実施できる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光パルス波形整形装置は、半導体レーザの発振周波数変化と光フィルタの透過率の周波数特性とを巧みに組み合わせることにより、電気信号を介することなく光パルス波形整形を行うことができる。しかも、従来の不均一励起半導体レーザの微分利得特性を用いる方法ではレーザの構造が特殊かつ複雑で歩留りが低かったのに対し、本発明は通常のDFB型あるいはDBR型の単一モード半導体レーザを利用することができるので、製造コストの点でも有利である。したがって、本発明により実用に適した光パルス波形生成装置が得られ、光ファイバ伝送路で生じたパルスの歪みを解消して現在以上の長距離通信が可能となり、光通信技術の進歩に多大な効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第一実施例の光パルス波形整形装置を示すブロック構成図。

【図2】半導体レーザの発振周波数変化を示す図。

【図3】RMZの透過率の周波数特性とそれに対応する入力光パルスおよび出力光パルスのそれぞれの波形の時間変化を示す図。

【図4】最適条件からずれた場合における半導体レーザの発振周波数とRMZのしきい周波数との相対的な位置関係とパルスの形状を示す図。

【図5】デューティ比が50%の理想的なNRZパルス列が得られている場合の半導体レーザの発振周波数とRMZのしきい周波数との相対的な位置関係とパルスの形状を示す図。

【図6】最適条件からずれた場合における半導体レーザの発振周波数とRMZのしきい周波数との相対的な位置関係とパルスの形状を示す図。

【図7】本発明第二実施例の光パルス波形整形装置を示すブロック構成図。

【図8】本発明第三実施例の光パルス波形整形装置を示すブロック構成図。

【図9】本発明第四実施例の光パルス波形整形装置を示すブロック構成図。

10 【図10】本発明第五実施例の光パルス波形整形装置を示すブロック構成図。

【図11】不均一励起半導体レーザの微分利得特性を用いた従来例の光パルス波形整形装置のレーザ構造を示す図。

【図12】従来例の注入電流と光出力強度との関係を示すグラフ。

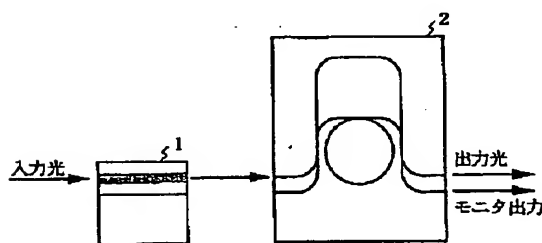
【図13】従来例の入力光と出力光との強度の関係を示すグラフ。

【符号の説明】

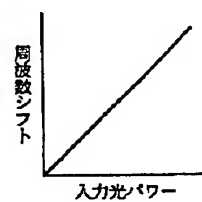
- 20 1 半導体レーザ
- 2 RMZ
- 3、8 光ファイバ
- 4、5、7 レンズ
- 6 干渉膜光フィルタ
- 9 光サーキュレータ
- 10 マッハツェンダ干渉計
- 110 レーザ
- 111 活性層
- 112 電流注入領域

30

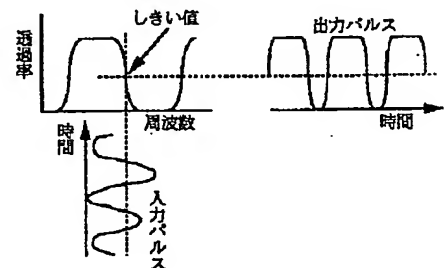
【図1】



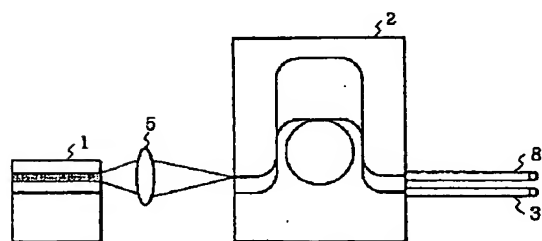
【図2】



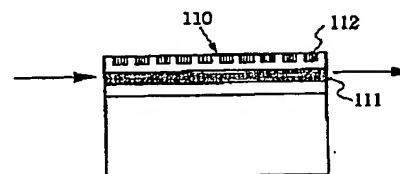
【図4】



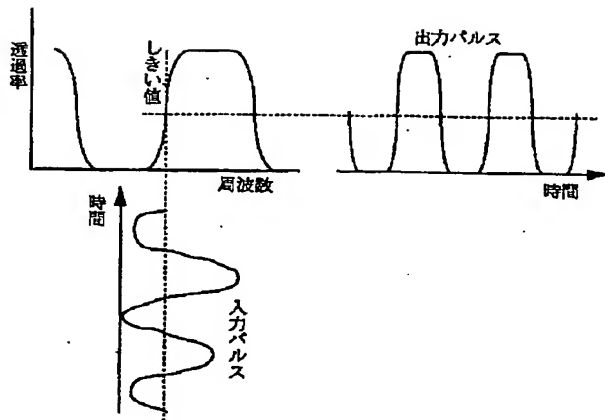
【図9】



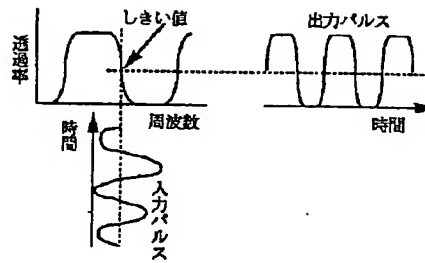
【図11】



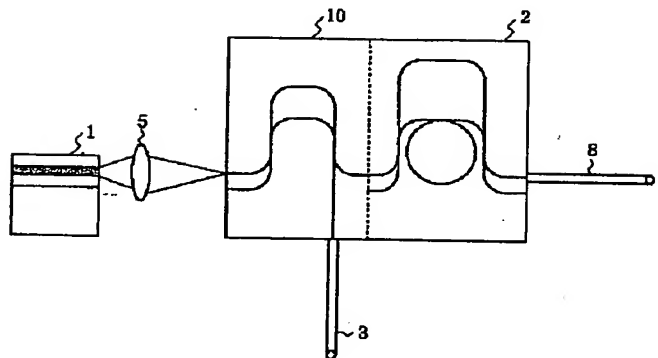
【図3】



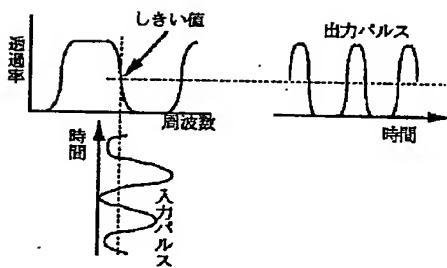
【図5】



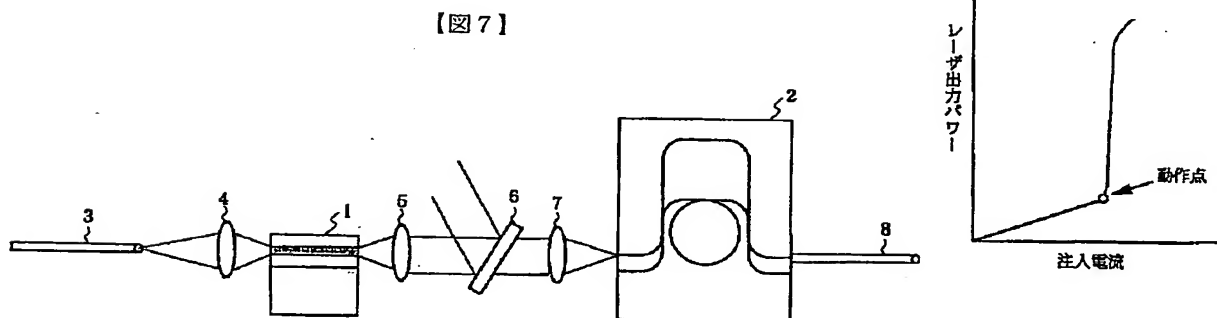
【図10】



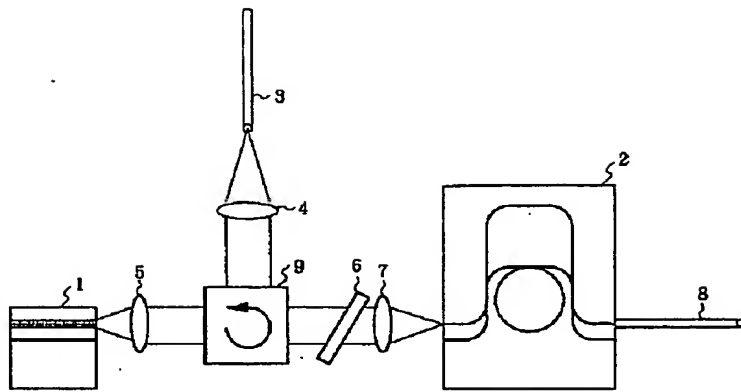
【図6】



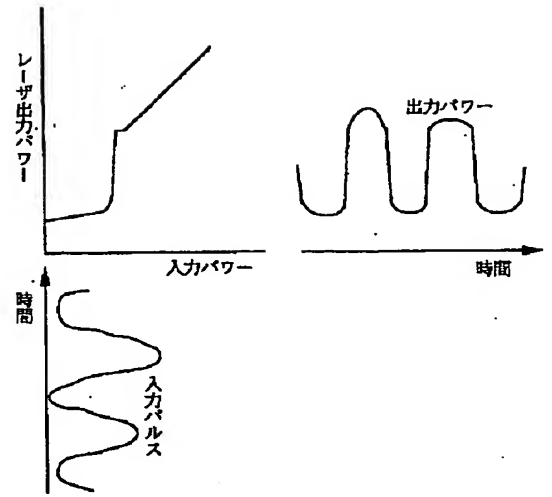
【図12】



【図 8】



【図 13】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

G 0 2 F 1/35

H 0 4 B 10/02

10/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 B 9/00

M

THIS PAGE BLANK (USPTO)